

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication : 2 752 024
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : 96 09703

(51) Int Cl⁶ : F 16 C 13/02, F 16 B 31/00, F 01 D 25/16

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 01.08.96.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la
demande : 06.02.98 Bulletin 98/06.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule.*

(60) Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

(71) Demandeur(s) : SOCIETE NATIONALE D'ETUDE ET
DE CONSTRUCTION DE MOTEURS D'AVIATION
SNECMA SOCIETE ANONYME — FR.

(72) Inventeur(s) : MARTIN DANIEL JEAN MARIE,
MASCARELL JEAN PIERRE, MOREL PATRICK
CHARLES GEORGES, MOSSER PIERRE ETIENNE,
RAKOTONDRAINIBE BIEN AIME OLIVIER SOLO
SAMUEL et VIEILLEFOND GUY.

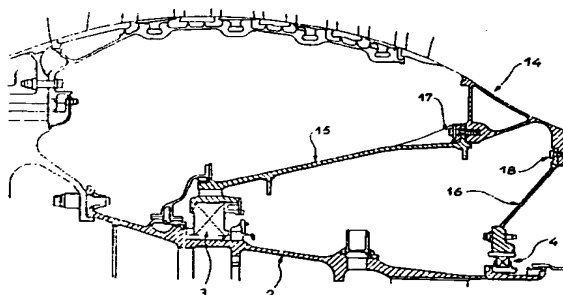
(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire : SOCIETE NATIONALE D'ETUDE ET DE
CONSTRUCTION DE MOTEURS D'AVIATION
SNECMA.

(54) SUPPORT D'ARBRE CASSANT A L'APPARITION D'UN BALOURD.

(57) Un arbre (2) porteur d'un équipement pesant sur le-
quel un balourd peut apparaître à l'improviste est monté sur
un stator (14) par l'intermédiaire d'une enveloppe (15) al-
longée axialement et présentant à sa liaison (17) ou près
de cette liaison une zone affaiblie servant d'amorce de rup-
ture. La forme de l'enveloppe (15) permet de convertir les
efforts radiaux produits par le balourd en efforts de traction
qui provoquent une rupture sûre.

Application par exemple aux arbres de soufflante à l'en-
trée de turboreacteurs.



FR 2 752 024 - A1



SUPPORT D'ARBRE CASSANT A L'APPARITION D'UN BALOURD**DESCRIPTION**

L'invention concerne un support d'arbre cassant à l'apparition d'un balourd.

5 Elle peut trouver emploi, à titre d'exemple, dans des turboréacteurs et en particulier pour l'arbre de mise en rotation d'une soufflante. Cette dernière pièce est destinée à accélérer l'air entrant dans une veine externe d'écoulement des gaz et
10 qui rejoint la veine normale d'écoulement des gaz, occupée par les compresseurs, la chambre de combustion et, après cette dernière, les turbines, afin d'augmenter le taux de dilution des gaz. La veine externe est concentrique à la veine normale et
15 l'entoure. Il résulte de cette construction que les aubes de la soufflante doivent être suffisamment allongées pour s'étendre devant la veine externe, ce qui accroît beaucoup la masse et l'inertie de la soufflante. Si une des aubes se rompt, un balourd
20 important est produit sur l'arbre de support de la soufflante, et donc des charges cycliques et des vibrations que les paliers de support de l'arbre de soufflante communiquent aux parties fixes de la machine avec d'importants risques de détérioration.

25 On pourrait se prémunir contre ces dangers en renforçant la structure de la machine, mais cela n'est pas admissible car un des objectifs principaux des constructeurs est au contraire d'alléger cette structure.

30 Une autre solution consiste à soutenir l'arbre exposé à transmettre les balourds par des liaisons suffisamment faibles pour qu'elles cassent dès

qu'une charge anormale apparaît ; l'arbre et la pièce qu'il porte se détachent alors du reste de la machine et ralentissent peu à peu.

Un exemple de support cassant de palier d'arbre est décrit dans le brevet n°5 417 501 des Etats-Unis d'Amérique, mais il implique la rupture par cisaillement ou par flexion de boulons de liaison du support à la structure fixe, par une transmission directe de l'effort radial provenant du balourd de l'arbre, ce qui n'est pas entièrement satisfaisant puisque les contraintes effectivement transmises aux boulons cassants sont assez sensibles aux conditions réelles de montage et aux dimensions effectives des pièces de l'assemblage, ce qui se traduit par une incertitude relativement grande. L'invention est relative à un dispositif amélioré comprenant des éléments cassants et dont la qualité essentielle est une meilleure connaissance de l'effort nécessaire pour produire la rupture ; elle peut être mise en oeuvre de deux façons différentes mais étroitement apparentées, car la rupture des éléments cassants est toujours produite par une traction.

Dans les deux cas, l'invention concerne un agencement d'arbre tournant portant un équipement à son bout avant et s'étendant donc en arrière à partir de l'équipement ; l'arbre est soutenu par un premier palier en arrière de l'équipement, que porte une enveloppe entourant l'arbre et s'étendant en arrière du premier palier jusqu'à une structure de stator, à laquelle elle est unie.

Dans la première conception de l'invention, l'enveloppe est bridée à la structure de stator par des vis parallèles à l'arbre, et ces vis comprennent entre leur tête et leur filetage une portion de section réduite servant d'amorce de rupture en traction ; alors

que, dans l'autre conception, l'enveloppe présente une portion circulaire de section réduite près de la structure de stator pour servir d'amorce de déchirure.

5 Dans la première conception, les forces produites par le balourd et transmises à travers l'enveloppe porteuse du palier permettent de rompre les vis, alors que dans la seconde c'est l'enveloppe elle-même qui se rompt sous l'effet de ces forces. Mais l'allongement de l'enveloppe dans la direction de l'axe
10 de l'arbre permet toujours de convertir les forces radiales produites sur le palier par le balourd en forces axiales à l'extrémité opposée de l'enveloppe. Il s'agit donc bien de forces de traction exercées sur les vis et les portions adjacentes de l'enveloppe.

15 Ces notations deviendront plus claires à la lumière des figures suivantes, qui décrivent certaines réalisations de l'invention à titre d'exemple et permettent de découvrir d'autres aspects de celle-ci :

- 20 • la figure 1 est une vue d'une portion de turboréacteur illustrant le lieu de l'invention,
- la figure 2 est une vue générale de l'invention,
- les figures 3 et 4 illustrent une vis cassante,
- la figure 5 illustre une autre vis cassante,
- la figure 6 illustre une troisième vis cassante,
- 25 • la figure 7 illustre un autre genre de réalisations de l'invention,
- les figures 8 et 9 représentent des moyens de limitation du débattement de l'arbre libéré et des dispositifs de récupération d'huile,
- 30 • la figure 10 représente un mécanisme d'arrêt en rotation de l'enveloppe,
- et la figure 11 représente un autre mécanisme d'arrêt en rotation de l'enveloppe.

35 Considérons d'abord la figure 1, destinée à donner une idée de la situation de l'invention dans un

turboréacteur, à l'avant d'une ligne d'arbres à basse pression 1, et plus précisément sur un arbre de soufflante 2 monté sur un palier avant 3 et un palier arrière 4. L'arbre de soufflante 2 porte à son bout avant 5, en porte à faux à l'avant du premier palier 3, une soufflante 6 munie d'aubes 7 qui s'étendent devant l'entrée de la veine interne 8 ou veine principale d'écoulement des gaz et de la veine externe 9 entourant la précédente et qu'emprunte l'air de dilution des gaz.

On reconnaît un compresseur à basse pression 10 situé dans la veine interne 8 juste en arrière de la soufflante 6 et un compresseur à haute pression 11 engagé plus profondément dans la veine interne 8, ainsi que des conduits de lubrification 12 et 13, associés à des pompes non représentées, pour éjecter de l'huile devant les roulements des paliers 3 et 4 et maintenir ainsi leur fonctionnement. Ces éléments de machine déjà connus, n'étant pas modifiés avec l'invention, ne sont donnés qu'à titre de rappel.

On voit mieux à la figure 2 que les paliers 3 et 4 de l'arbre de soufflante 2 sont soutenus par des pièces de support reliées à une structure de stator 14. Plus précisément, la pièce de support du palier avant 3 présente un grand allongement axial entre le palier avant 3 et l'endroit de liaison au stator 14 et possède ainsi une forme presque cylindrique : on l'appellera une enveloppe 15 puisqu'elle entoure l'arbre de soufflante 2. La pièce de support 16 du palier arrière 4 a une conicité beaucoup plus prononcée et sa forme se rapproche d'un disque évidé en son centre.

L'enveloppe 15 et le support 16 sont unis au stator 14 par des vis, respectivement 17 et 18, de bridage, et si les vis 18 sont usuelles, les vis 17 sont une partie essentielle de l'invention, comme on l'aperçoit mieux à la figure 3.

Leur filetage 19 est engagé dans un taraudage du stator 14 et leur tête 20 s'appuie sur une surface libre 21 d'une bride 22 à l'extrémité de l'enveloppe 15. Elles comprennent une partie lisse 23 entre le filetage 19 et la tête 20, et cette partie lisse 23 comprend une partie affaiblie 24, à section réduite, située dans le perçage 25 de la bride 22 que traverse la vis 17. Cette figure 3 permet de comprendre facilement, en liaison aux précédentes, que si une des aubes 7 se détache de la soufflante 6, l'effort radial cyclique transmis à l'arbre de soufflante 2 et au palier avant 3 sera converti en effort axial cyclique sur les vis 17, qui seront rompues par traction à la partie affaiblie 24 quand cet effort deviendra suffisant. Les vis 17 seront normalement rompues les unes après les autres en une seule révolution de l'arbre de soufflante 2, d'autant plus facilement que leur résistance d'ensemble décroîtra sans cesse à mesure des ruptures déjà produites. L'enveloppe 15 sera alors détachée du stator 14 et ne lui transmettra plus d'efforts.

Il est cependant nécessaire d'aborder un autre aspect de l'invention en revenant pour l'instant aux figures 1 et 2. Dans la situation de rupture de l'enveloppe 15, le palier avant 3 est devenu impuissant à soutenir la soufflante 6 et l'arbre de soufflante 2 n'est alors plus soutenu que par le palier arrière 4, qui se met à transmettre à son tour les efforts.

C'est pourquoi on préférera en général faire cesser ce soutien et détacher aussi le palier arrière 4 du stator 14. On pourra alors adopter la solution de la figure 4, dans laquelle le support, maintenant référencé par 27, du palier arrière 4 n'est pas bridé directement au stator 14 par les vis 18, mais à une bride 28 de l'enveloppe 15 proche de la bride 22

de réception des vis 17. Quand ces dernières sont cassées, le support 27 accompagne l'enveloppe 15.

L'extrémité avant de la ligne d'arbres à basse pression 1, devenue flottante, pourra osciller assez fortement en direction radiale et éventuellement frotter sur la ligne d'arbres à haute pression 2 qui lui est coaxiale et tourne à une vitesse bien différente. Les lignes d'arbres 1 et 2 peuvent être endommagées. Ce risque explique que la possibilité de laisser le palier arrière 4 attaché au stator 14 puisse malgré tout être retenue.

Deux dispositions principales peuvent être envisagées pour améliorer le système de liaison de l'enveloppe 15 au stator 14. Dans la première, illustrée à la figure 5, la tête 20 des vis 17 ne s'appuie plus sur la bride 22 mais sur une douille 35 enfilée autour de la partie lisse 23 de la vis 17 et comprimée entre la tête 20 et la bride 22. Il faut alors employer une vis 17 plus longue, mais fortement contrainte au départ et plus flexible, ce qui lui donne une meilleure tenue en fatigue et une résistance estimée avec plus de précision.

A la figure 6, la vis 17 est remplacée par une vis 36 de même forme si ce n'est qu'elle est complétée par une embase 37 située entre la tête 20 et la partie lisse 23. L'embase 37 est sensiblement plus large que la tête 20 et c'est elle qui s'appuie sur la surface libre 21 de la bride 22, autour des perçages 25, qui sont ici sensiblement élargis par rapport à la conception des figures précédentes.

On choisit en effet le diamètre des perçages 25 à une valeur plus importante que celle du diamètre de tête de vis standardisées ayant le même diamètre nominal de filetage que les vis 36 qu'on souhaite employer. Cela signifie que si le monteur

employait par mégarde des vis standardisées à la place des vis 36, leurs têtes s'enfonceraient dans les perçages 25 et le serrage de l'enveloppe 15 serait impossible.

5 D'autres précautions peuvent être conçues pour les vis 17 ou 36 : c'est ainsi qu'on pourrait les façonner avec une tête de forme particulière, qui céderait dès qu'un couple de serrage excessif serait communiqué. On éviterait ainsi d'infliger aux vis une
10 précontrainte de montage qui réduirait leur résistance souhaitée à la rupture.

La figure 7 illustre cependant une autre conception de l'invention, où les vis 17 ou 36 sont remplacées par des vis ordinaires 38. La zone de
15 rupture est alors située sur l'enveloppe elle-même, qui porte ici la référence 39, et elle consiste en une zone affaiblie 40 située sur l'enveloppe 39 entre le palier avant 3 et la bride 22 et à proximité de celle-ci. Cette zone affaiblie 40 est circulaire et comprend une
20 diminution localisée d'épaisseur autour de l'enveloppe 39. Elle peut aussi comprendre, comme on le représente ici, des évidements 42 qui la divisent en alternant avec des lamelles de liaison 43 d'extension sensiblement axiale qui relient les parties pleines et
25 épaisses de l'enveloppe 39. On s'aperçoit immédiatement que la rupture sera consécutive à une contrainte de traction excessive sur les lamelles 43 ou plus généralement sur toute la longueur de la zone affaiblie 40, et que l'enveloppe 39 se déchirera à cet endroit.
30 Le phénomène sera peu différent de celui de la rupture des vis 17 ou 36, puisque l'enveloppe 39 sera presque entièrement détachée du stator 14. Dans ce cas comme dans l'autre, le support 16 ou 27 peut être relié ou non à l'enveloppe 39, et c'est cette première solution,
35 normalement plus avantageuse, qui a été illustrée ici.

Pourtant, la solution à vis cassantes est probablement préférable car l'effort de rupture est déterminé avec plus de précision.

D'autres aspects secondaires mais utiles de l'invention méritent une mention rapide au moyen des figures suivantes. Il est tout d'abord possible (figure 8) d'arrêter les débattements de la ligne d'arbres à basse pression 1 après la rupture s'ils deviennent excessifs. A cette fin, on peut monter une nervure 47 sur le stator 14 autour de l'enveloppe 15, pour contenir son mouvement, ou bien une autre nervure 48, encore fixée au stator 14 et qui se termine par un ou plusieurs patins 49 entourant la ligne d'arbres à basse pression 1 à peu de distance d'elle. Ces moyens d'arrêt sont inutiles tant que les paliers 3 et 4 remplissent leur rôle mais interdisent les mouvements de trop forte amplitude de la ligne d'arbres dans le cas contraire, en faisant alors office de limiteurs de mouvement ou de palier de secours.

Concurremment, un dispositif de récupération de l'huile de lubrification peut être lui aussi monté sur le stator 14, par exemple sous forme d'une écope 50 illustrée sur cette figure 8, montée en porte-à-faux sur la nervure 47, ou d'une écope 51 de plus grande longueur illustrée à la figure 9 et qui comprend un manchon 52 glissant sur des couronnes 53 et 54 respectivement montées sur le stator 14 et sur l'enveloppe 15. Le manchon 52 entoure ainsi complètement l'enveloppe 15 et dirige l'huile projetée sur lui vers un dispositif de récupération (non représenté) situé sur le stator 14, grâce à sa forme évasée vers celui-ci. Dans tous les cas, l'enveloppe 15 est percée d'orifices devant l'écope 50 ou 51 pour que l'huile la traverse et aboutisse dans l'écope.

Enfin, il est utile de s'opposer aux rotations excessives de l'enveloppe 15 ou 39 une fois qu'elle est détachée. Une solution est illustrée à la figure 10 et consiste à creuser la bride 22 de l'enveloppe 15 de festons 55 entre les emplacements des vis 17. On prend soin d'installer des pions ou ergots 56 sur le stator 14 de façon qu'ils viennent dans les festons 55 avec un peu de jeu. Quand l'enveloppe 15 se détache, les pions 56 butent contre les parois des festons 55 et l'arrêtent.

On peut concevoir bien entendu d'autres systèmes d'arrêt tout aussi valables, tels que celui de la figure 11 : il s'agit d'un câble 57 dont les extrémités sont fixées respectivement au stator 14 et à l'enveloppe 15. Plusieurs de ces câbles sont prévus autour de l'enveloppe 15. L'effet est le même que précédemment dès que la rotation de l'enveloppe 15 tend les câbles 57.

Bien entendu, les différents perfectionnements évoqués ici sont normalement compatibles avec toutes les réalisations principales mentionnées, et ils peuvent être cumulés entre eux.

REVENDEICATIONS

1. Agencement d'arbre tournant (2) portant un équipement (6) à un bout et s'étendant en arrière à partir de l'équipement, l'arbre (2) étant soutenu par un premier palier (3) en arrière de l'équipement et le premier palier étant porté par une enveloppe (15) entourant l'arbre (2) et s'étendant en arrière du premier palier jusqu'à une structure de stator (14), à laquelle l'enveloppe est bridée par des vis (17) parallèles à l'arbre (2), caractérisé en ce que les vis comprennent entre tête (20) et filetage (11) une portion de section réduite (24) servant d'amorce de rupture en traction.

2. Agencement d'arbre tournant selon la revendication 1, caractérisé en ce que des douilles (35) d'allongement des vis sont enfilées autour des vis et bridées par les vis (17).

3. Agencement d'arbre tournant selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que les vis sont des vis spéciales à embase (37) et sont engagées dans des perçages plus larges que des têtes de vis standardisées de même diamètre nominal que lesdites vis spéciales, les embases s'appuyant sur des portées (21) entourant des débouchés des perçages (25).

4. Agencement d'arbre tournant selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'enveloppe est unie à un support d'un deuxième palier (4) soutenant l'arbre (2) en arrière du premier palier (3).

5. Agencement d'arbre (2) tournant portant un équipement (6) à un bout et s'étendant en arrière à partir de l'équipement, l'arbre étant soutenu par un premier palier (3) en arrière de l'équipement et le premier palier étant porté par une enveloppe (39) entourant l'arbre (2) et s'étendant en arrière du

premier palier (3) jusqu'à une structure de stator (14) à laquelle l'enveloppe (39) est unie, caractérisé en ce que l'enveloppe présente une portion circulaire (40) de section réduite près de la structure de stator pour servir d'amorce de déchirure.

6. Agencement d'arbre tournant selon la revendication 5, caractérisé en ce que la portion circulaire comprend une diminution d'épaisseur (41).

7. Agencement d'arbre tournant selon l'une quelconque des revendications 5 ou 6, caractérisé en ce que la portion circulaire comprend des orifices (42) et des lamelles (43) alternant.

8. Agencement d'arbre tournant selon l'une quelconque des revendication 1 à 7, caractérisé en ce que l'arbre est entouré par des patins (49) d'arrêt en débattement radial.

9. Agencement d'arbre tournant selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que l'enveloppe (15, 39) est reliée à la structure de stator (14) par des moyens d'arrêt en rotation (56, 57).

10. Agencement d'arbre tournant selon la revendication 9, caractérisé en ce que les moyens d'arrêt en rotation comprennent des pions (56) parallèles à l'arbre.

11. Agencement d'arbre tournant selon la revendication 9, caractérisé en ce que les moyens d'arrêt en rotation comprennent des câbles (57).

12. Agencement d'arbre tournant selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé en ce qu'une écope (50, 51) de récupération de lubrifiant est disposée autour de l'enveloppe.

13. Agencement d'arbre tournant selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisé en ce

que l'équipement (6) est une soufflante d'entrée de
turboréacteur.

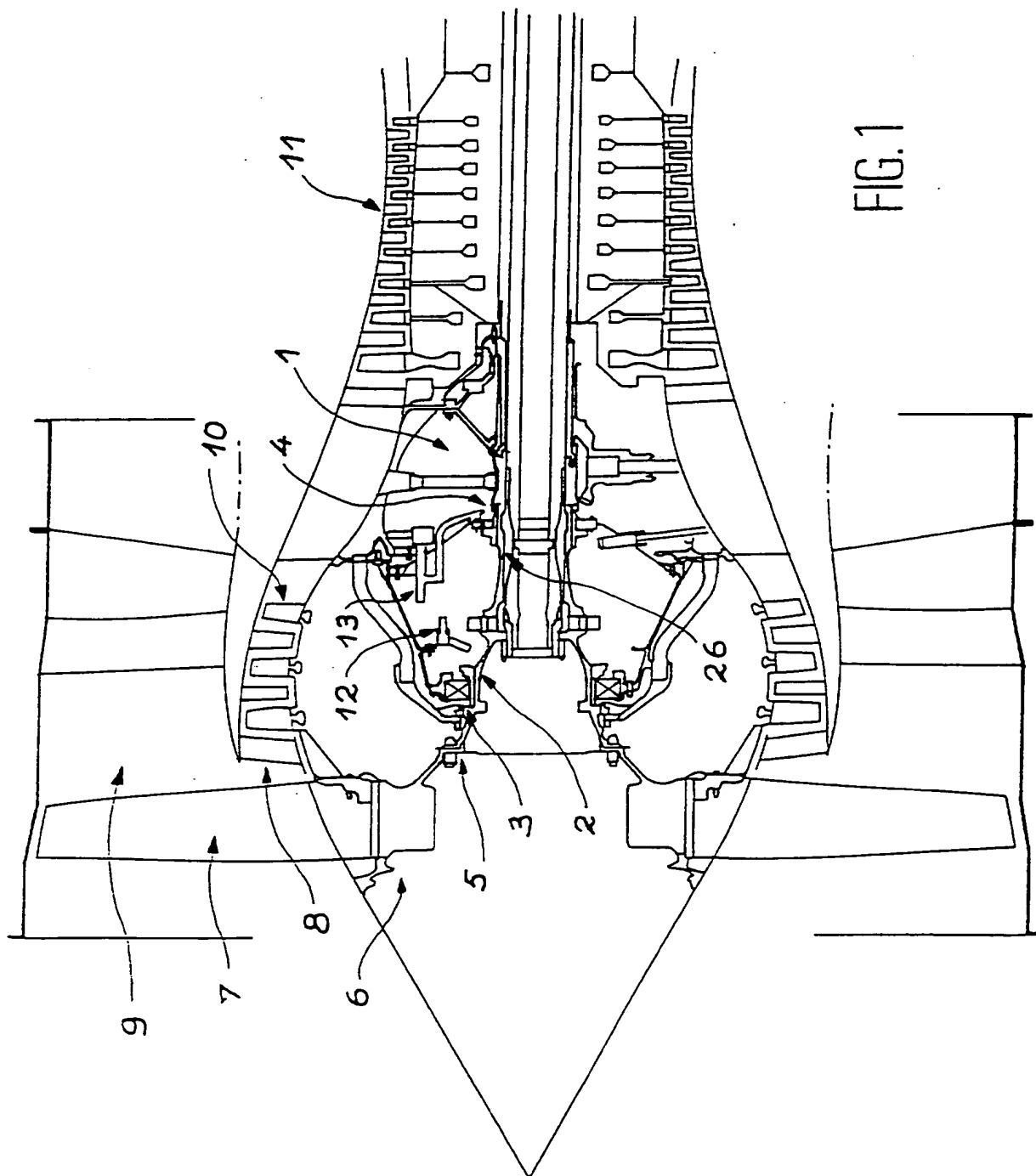


FIG. 1

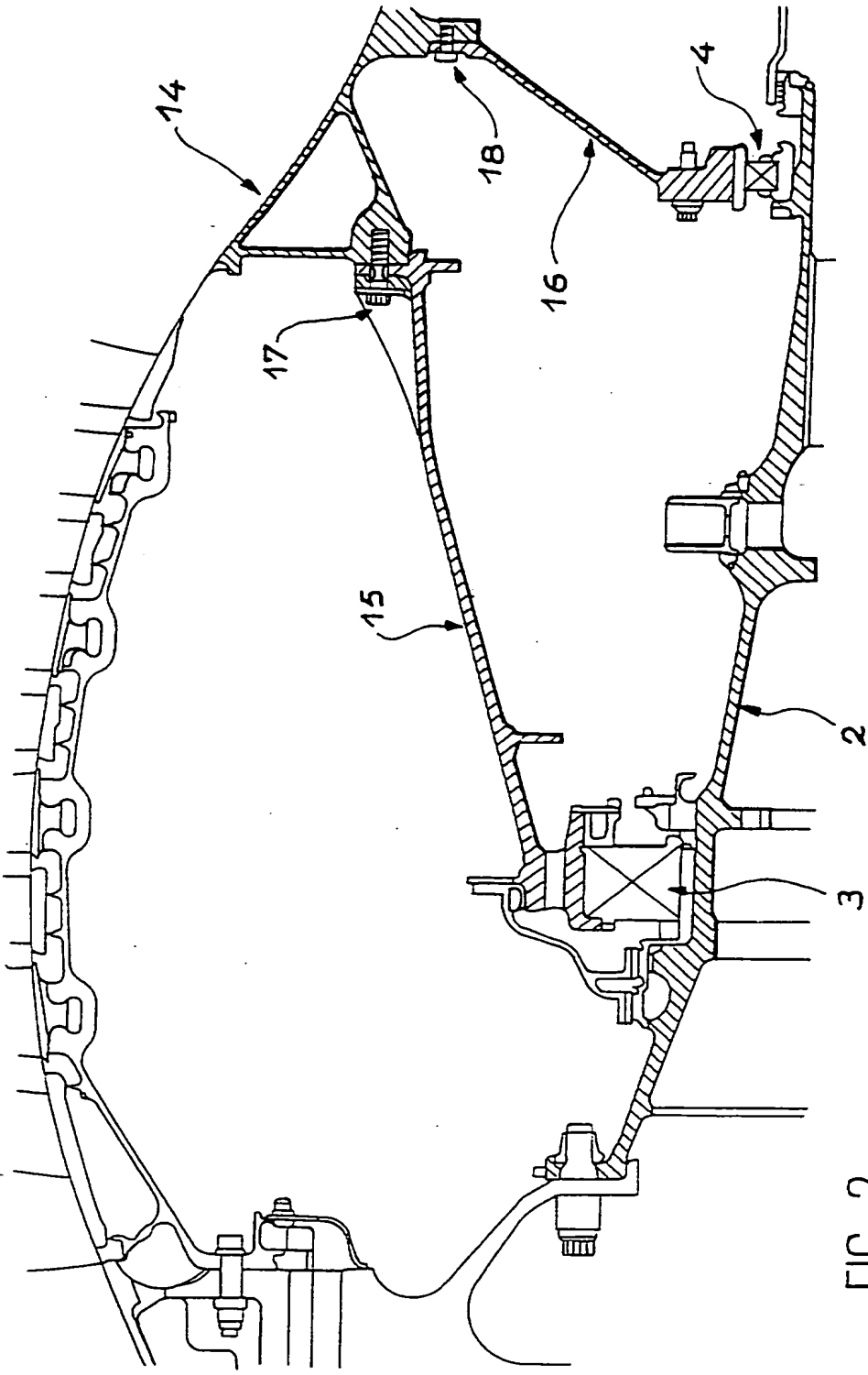
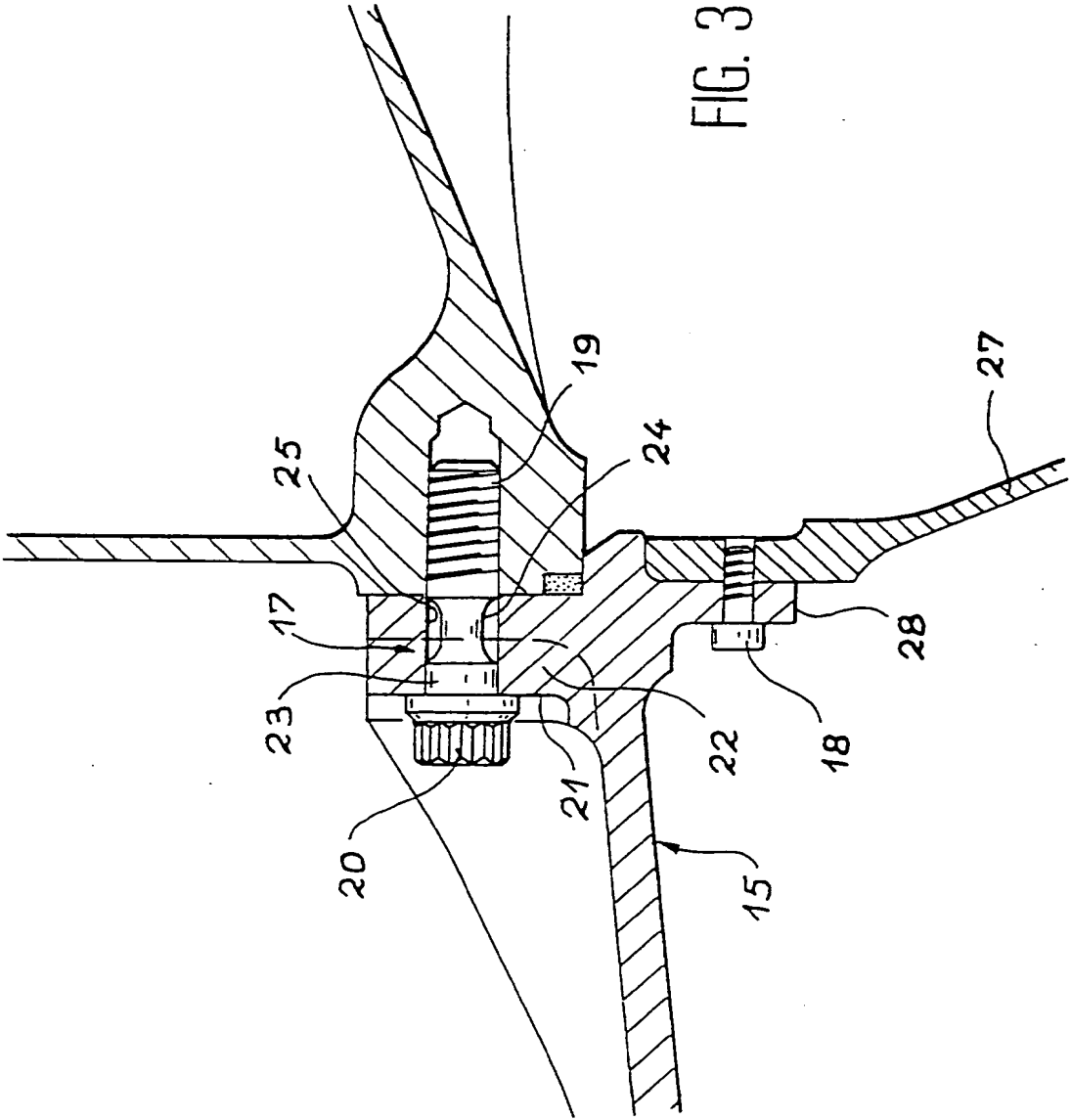


FIG. 3



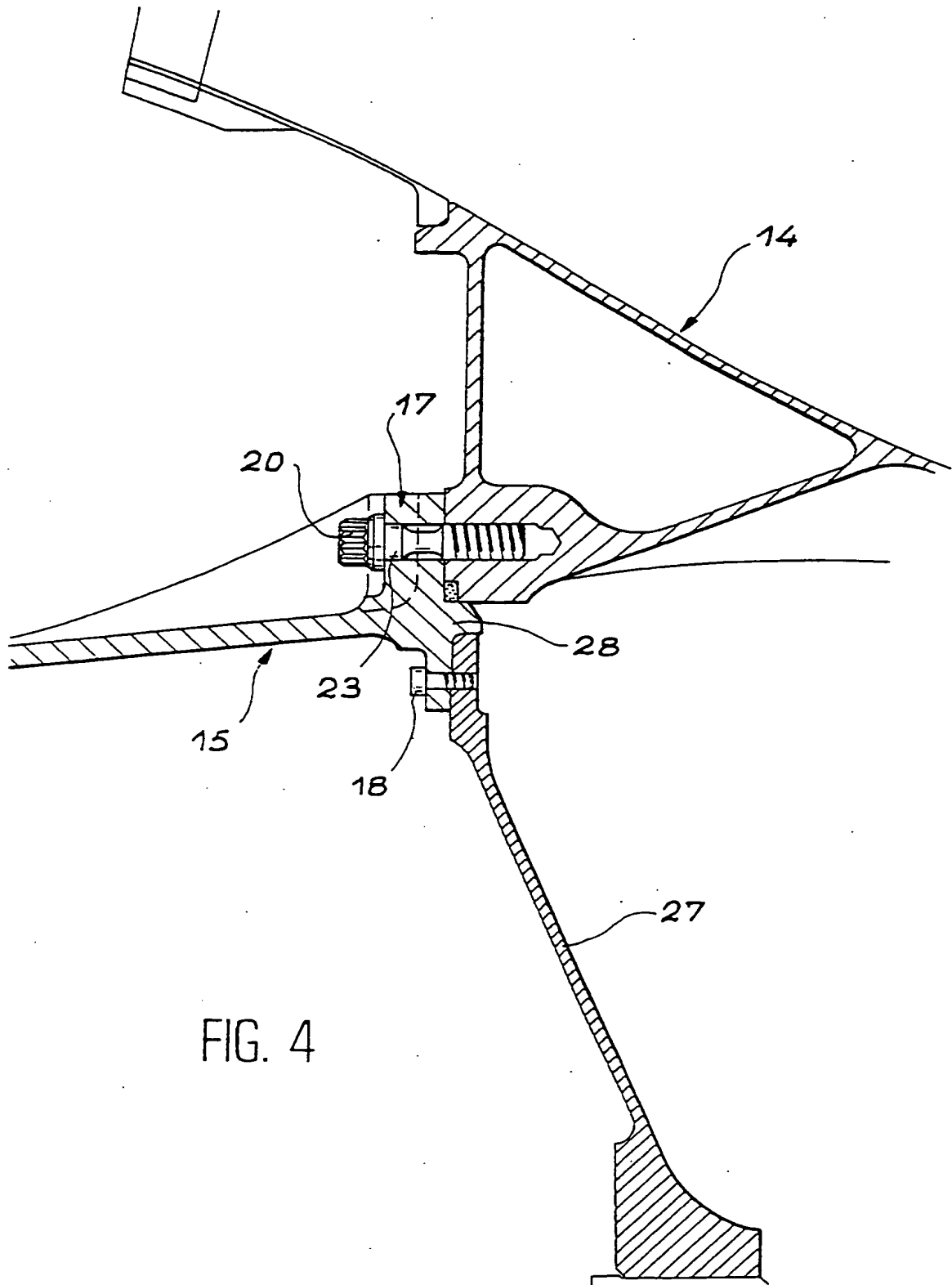


FIG. 4

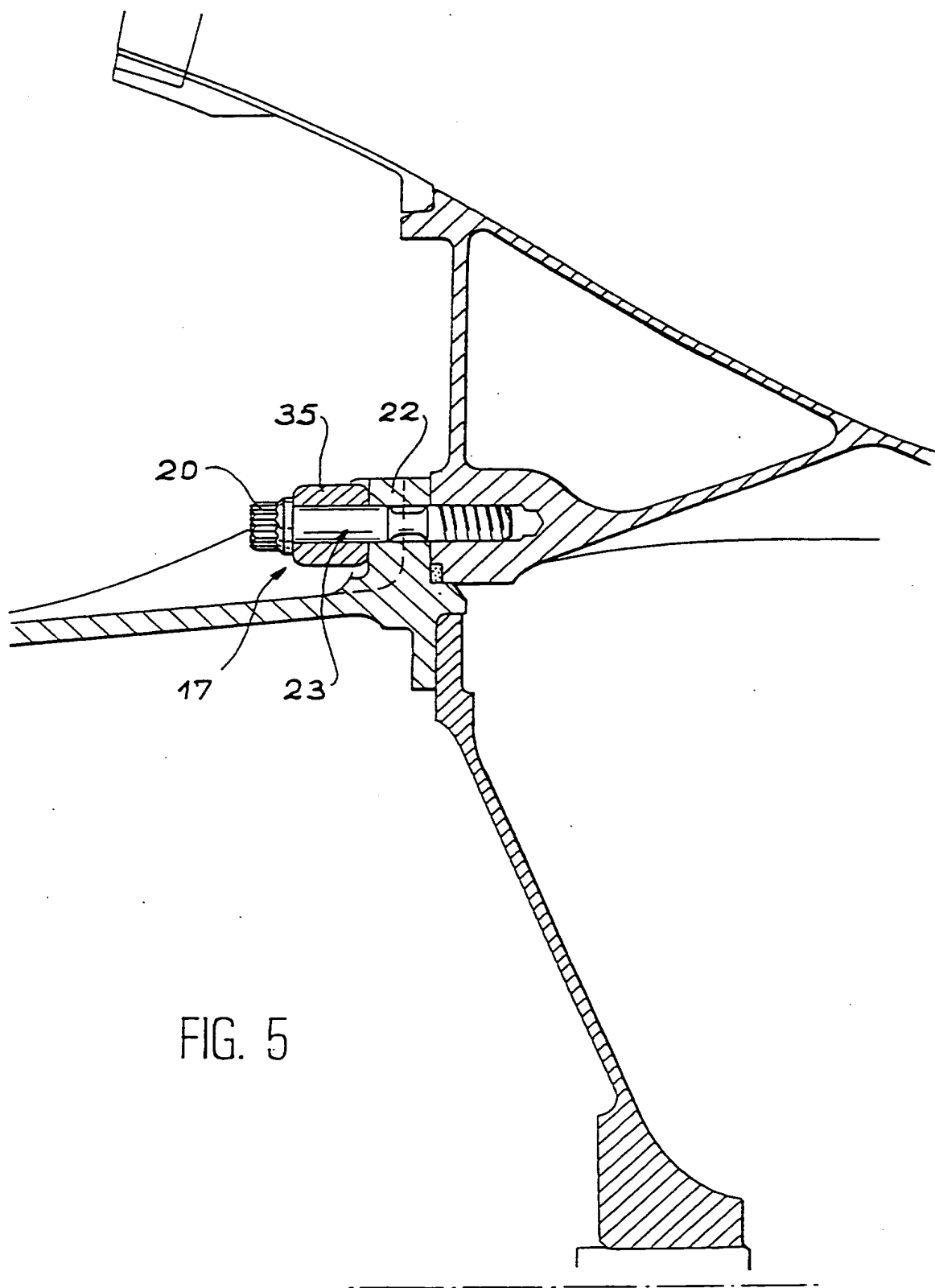
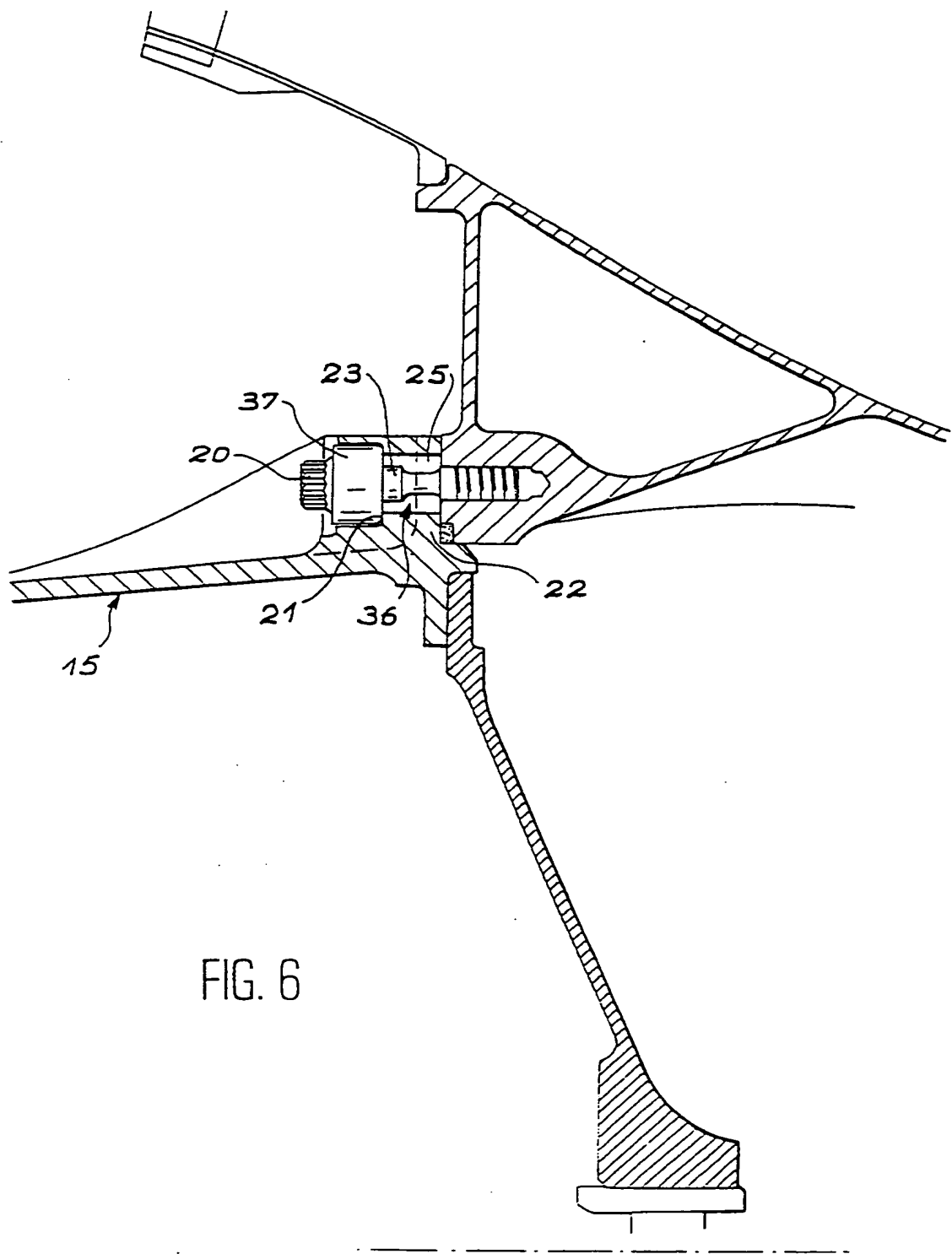


FIG. 5



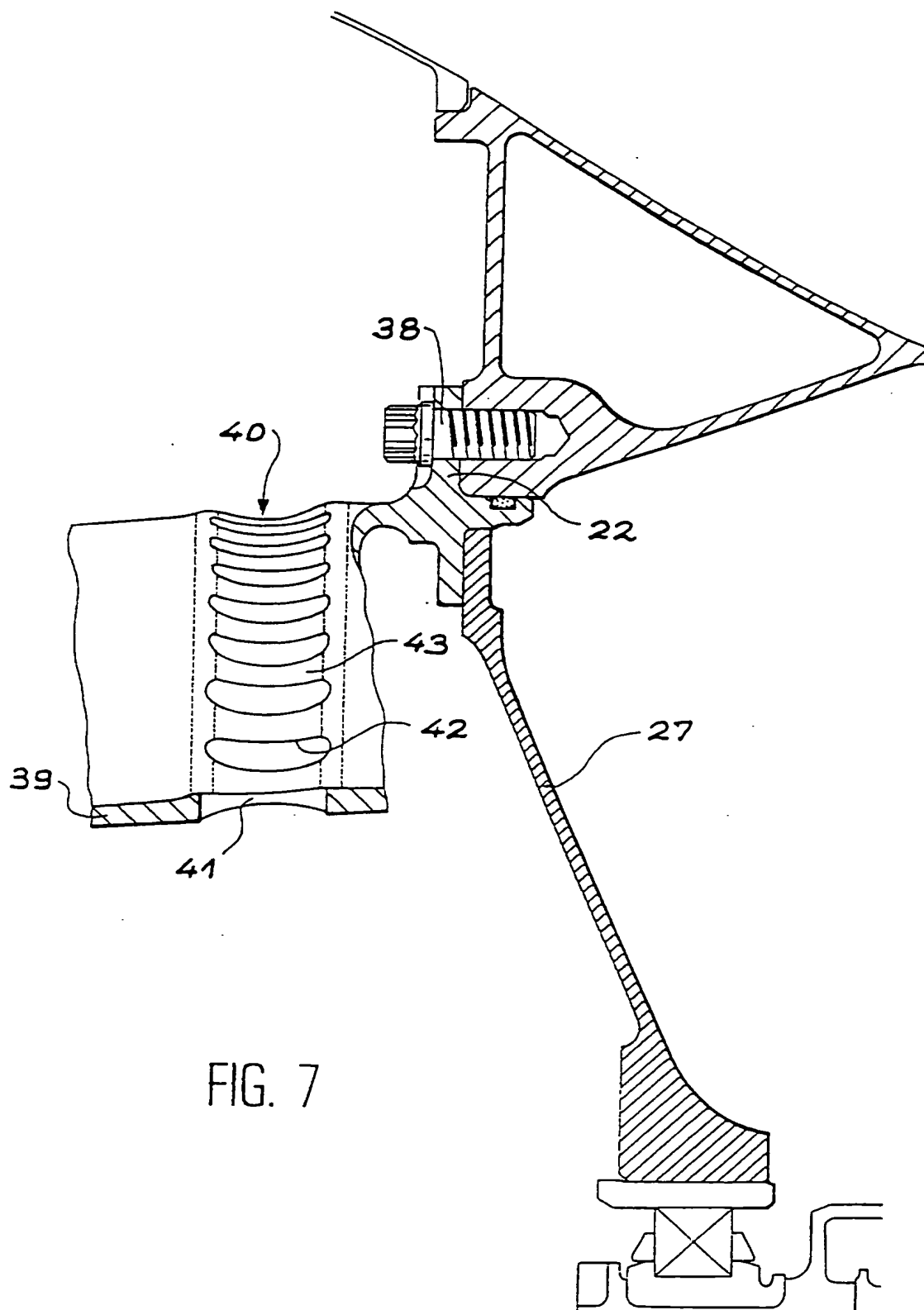
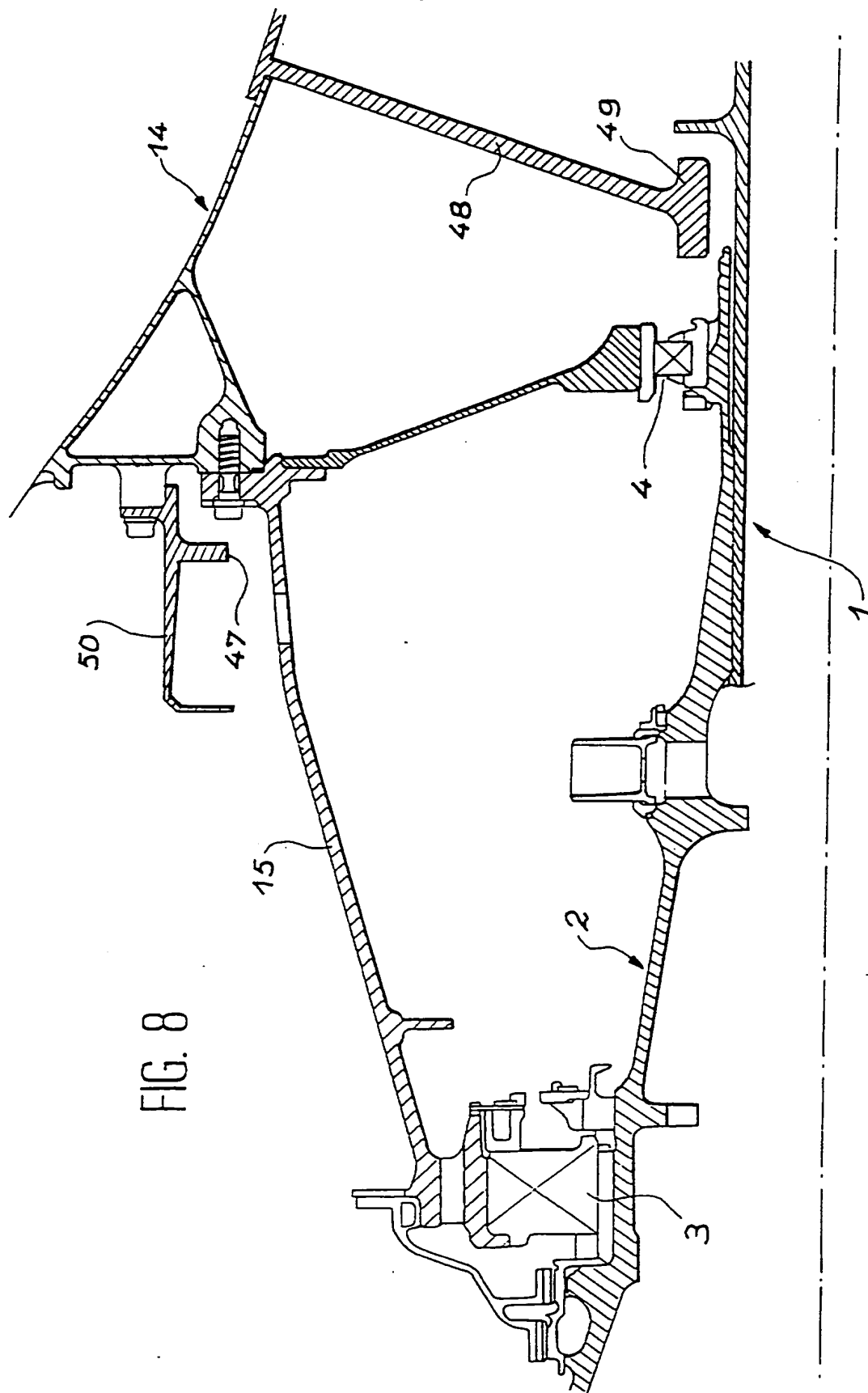
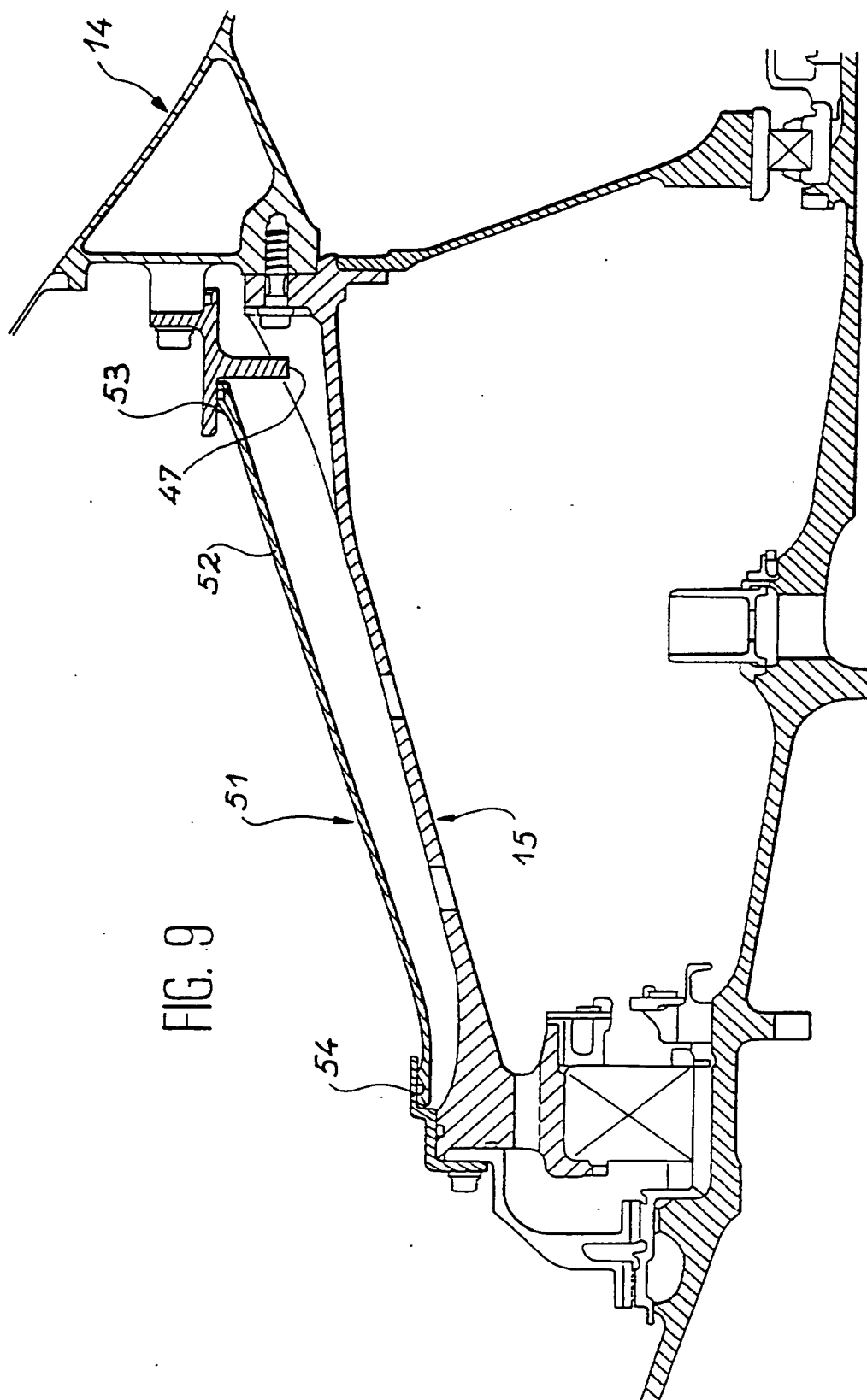


FIG. 7

8 / 10





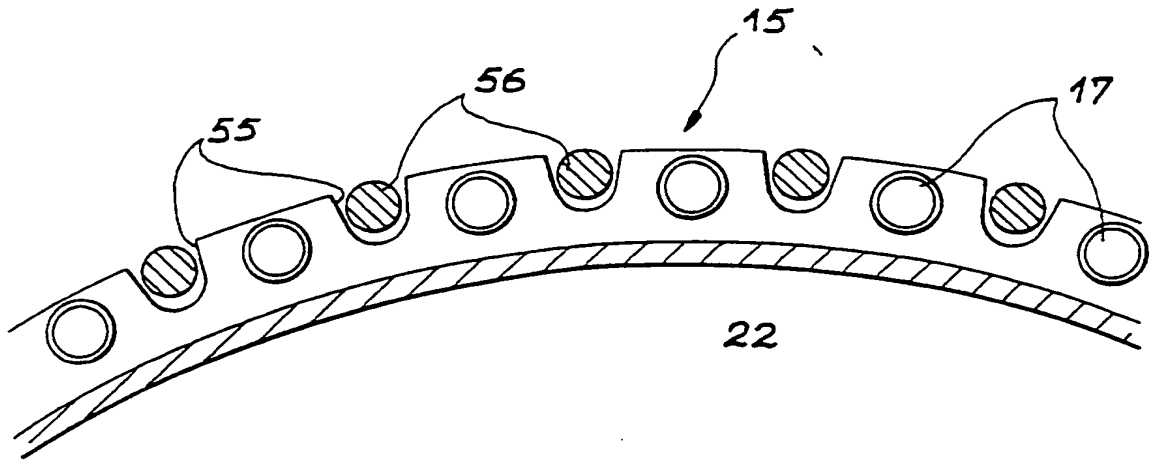


FIG. 10

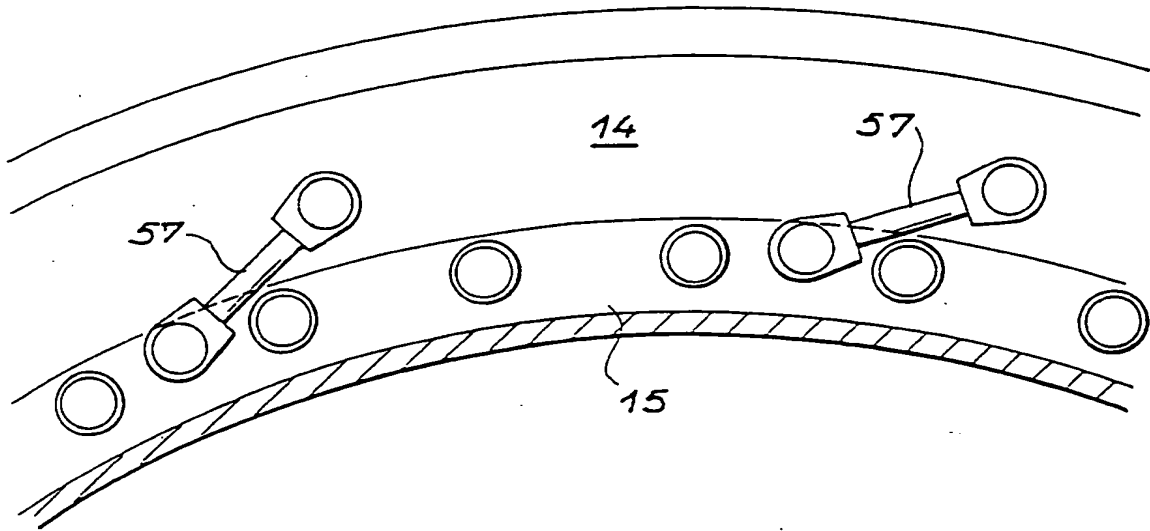


FIG. 11

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
Y,D	US 5 417 501 A (HYDE PHILIP M ET AL) 23 Mai 1995	1-3
Y		5-7
Y	* colonne 3, ligne 56 - colonne 4, ligne 31 *	4,8,9, 12,13

Y	WO 94 08658 A (ROSE SYSTEMS INC) 28 Avril 1994 * page 9, ligne 2 - ligne 6; figure 1 *	1

Y	GB 2 186 064 A (MONOCONSTRUCTION LIMITED;BRITISH STEEL CORP) 5 Août 1987 * page 2, ligne 101 - ligne 105; figure 3 * * page 3, ligne 35 - ligne 49 *	2

Y	US 4 758 109 A (LITTLE PHILIP J ET AL) 19 Juillet 1988 * abrégé; figure 3 *	3

Y	GB 2 080 486 A (ROLLS ROYCE) 3 Février 1982 * abrégé * * page 1, ligne 116 - ligne 120; figure 2 * * page 2, ligne 111 - ligne 114 *	4,9,13

Y	US 2 908 518 A (A.T.GREGORY) 13 Octobre 1959 * colonne 13-2, ligne 32 - ligne 44; figure *	5-7

Y	DE 33 41 141 A (BBC BROWN BOVERI & CIE) 23 Mai 1985 * page 7, ligne 16 - ligne 20; revendication 1; figure 1 *	5-7

	-/--	
Date d'achèvement de la recherche		Examinateur
24 Avril 1997		Criado Jimenez, F
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant		

2

EPO FORM 1503 01.81 (P04C13)

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
Y	US 4 507 047 A (COONS TERRY L) 26 Mars 1985 * colonne 4, ligne 43 - colonne 5, ligne 10; figures *	8
Y	US 5 433 584 A (AMIN MOHAMED-SAMY A ET AL) 18 Juillet 1995 * colonne 3, ligne 29 - ligne 52; figure *	12
A	GB 1 418 907 A (ROLLS ROYCE) 24 Décembre 1975 * page 1, ligne 46 - ligne 49 *	5-7
A	EP 0 374 003 A (SNECMA) 20 Juin 1990 * abrégé *	8,9
A	GB 2 114 266 A (ROLLS ROYCE) 17 Août 1983	
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.6)
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
24 Avril 1997		Criado Jimenez, F
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>		

2

EPO FORM 1503 01.82 (P04C13)